

80473

123/887
80473.pdf

95/00473

**KONTRAKSI OTOT RANGKA
DAN MODEL UNTUK MEMVISUALKANNYA**

Oleh
Amalia Sapriati
Nip: 131 569 964

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN
KEBUDAYAAN UNIVERSITAS TERBUKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN
ILMU PENDIDIKAN
JAKARTA 1994**

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan struktur, inervasi dan kontrol, serta fungsinya otot mamalia terdiri atas 3 macam yaitu: otot rangka (struktur bergaris/melintang, inervasi dan pengontrolan oleh syaraf motorik, berfungsi untuk gerakan rangka), otot rangka (struktur bergaris/melintang, inervasi dan pengontrolan oleh syaraf otonom, berfungsi untuk pemompa darah), dan otot polos (struktur tidak bergaris melintang, unervasi dan pengontrolan oleh syaraf otonom, berfungsi untuk pergerakan alat-alat viseral).

Otot rangka mungkin merupakan tipe otot yang paling dikenal di antara otot-otot yang lain. Dinamakan otot rangka karena melekat pada rangka tubuh. Di bawah pemeriksaan secara mikroskopis, otot rangka terdiri atas bagian gelap dan terang. Oleh karena karakteristik ini, maka otot rangka disebut pula sebagai *otot striated*. Otot rangka terdiri atas sejumlah serabut otot. Setiap serabut otot adalah satu sel tunggal, berinti banyak, berbentuk panjang dan silindrik.

Serabut otot terdiri atas miofibril, yang dapat dipisah-pisahkan ke dalam filamen-filamen. Filamen-filamen terdiri atas protein kontraktile: miosin (filamen kasar) dan aktin (filamen halus). Tiap-tiap miofibril terletak berdampingan, filamen miosin dan aktin merupakan molekul yang berperan dalam kontraksi otot.

Mekanisme yang terjadi pada kontraksi otot adalah mekanisme *sliding filamen*. Pada saat relaksasi ujung-ujung filamen aktin yang berasal dari dua membran Z yang berurutan satu sama lain hampir tidak mengalami overlap, sedangkan pada saat yang sama filamen miosin mengadakan *overlap* sempurna. Sebaliknya pada saat kontraksi, filamen-filamen aktin ini tertarik ke dalam di antara filamen miosin sehingga satu sama lain mengalami

overlap yang luas. Membran Z juga tertarik oleh filamen aktin sampai ke ujung-ujung filamen miosin, filamen aktin dapat ditarik bersama-sama dengan kuatnya sehingga ujung-ujung filamen miosin sebenarnya waktu kontraksi melengkung sangat kuat.

Penyampaian topik biologi otot rangka, baik strukturnya maupun proses dinamisnya, secara lebih konkret dengan menggunakan alat bantu (model) akan lebih menarik dan mempermudah siswa untuk lebih memahaminya. Ada beberapa hal yang mendasari alasan bahwa penggunaan alat bantu (media) merupakan suatu langkah yang baik. Menurut Heinich (1989), kebanyakan orang mempunyai sifat *visual oriented*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa orang belajar hanya sekitar 10 % saja melalui pendengarannya, akan tetapi apabila melalui penglihatan, orang akan belajar lebih dari 80 %. Selanjutnya, ternyata orang hanya akan ingat sekitar 20 % saja dari apa yang telah didengarnya, namun akan ingat lebih dari 50 % apabila dalam belajar tersebut ada kombinasi menggunakan pendengaran dan penglihatan. Oleh sebab itu penggunaan alat bantu (media) dalam pengajaran merupakan usaha yang sangat baik untuk mempertinggi tingkat pemahaman siswa atas materi pembelajaran yang disampaikan. Alasan lain akan pentingnya alat bantu (media), adalah berdasarkan cara belajar secara individu dari setiap siswa. Seperti yang diungkapkan oleh Mickle (1990) bahwa setiap siswa akan mempunyai cara belajar yang berbeda-beda, ada yang dapat memproses informasi dengan aktif, ada yang melalui aktivitas fisik, ada yang melalui diskusi, ada yang cepat memahami materi hanya dengan mendengar, ada yang harus melihat konkretnya dari yang sedang dibicarakan, dan lain-lain. Bagi siswa yang cara belajarnya melalui aktivitas fisik dan yang harus selalu melihat secara konkret, apa yang dibicarakan, penggunaan model merupakan langkah tepat. Dengan alat bantu (media), siswa dapat terlibat pada saat menggunakan alat bantu (model) dan dapat melihat langkah atas proses dari materi yang dibicarakan.

Alat bantu (media) atau untuk selanjutnya kita sebut visual ada bermacam-macam. Secara garis besar ada 2 (dua) golongan visual yaitu yang termasuk ke dalam non visual dan projected visual. Non projected visual meliputi realia, model, tempat untuk studi lapangan, foto, grafik, charta, dan lain-lain. Sedangkan yang termasuk ke dalam projected visual adalah overhead projection, slide, film strip, dan sebagainya.

Dari berbagai visual yang ada model merupakan salah satu bentuk yang mungkin dapat digunakan. Model banyak dipilih sebagai alat bantu penyampaian pengajaran karena banyak model yang dapat disediakan dalam waktu yang singkat, harganya tidak terlalu mahal, dan bentuknya tiga dimensi, sehingga diharapkan dapat mengkonkretkan informasi yang disampaikan. Sebuah model merupakan representasi atau gambaran dari benda yang sesungguhnya. Adapun ukuran model bisa lebih besar, lebih kecil atau sama dengan benda asli yang digambarkannya atau dimanipulasinya. Penggambaran benda asli oleh model ini dapat secara lengkap rinciannya, dapat pula disederhanakan untuk suatu tujuan instruksional tertentu.

Di dalam penggunaan model ada beberapa hal yang sepatutnya mendapat perhatian. Pertama, sebaiknya kita mengenal dengan baik model yang akan digunakan, oleh karena itu kita haruslah membiasakan diri memakai model sebelum digunakan di dalam kelas. Kedua, kita perlu mengkaji ulang model dengan seksama dalam usaha agar siswa tidak salah menangkap informasi yang dimanipulasikan oleh model tersebut. Ketiga, dalam pelaksanaan praktek/pemakaian model, sebaiknya siswa diajak dan didorong untuk bersama-sama menggunakan dan memanipulasi model.

Di dalam pengajaran biologi, penggunaan model sebagai alat bantu visual merupakan cara yang sangat mendukung terhadap pelaksanaan belajar mengajar. Model yang dimaksud dapat berupa model jadi buatan pabrik (dengan ukuran, warna, bentuk standar dari perusahaan yang memproduksi) dapat pula berupa model yang dibuat dan disiapkan guru sendiri. Model buatan pabrik yang biasa digunakan di antaranya model jantung, mata, torso wanita, torso laki-laki, dan sebagainya. Sedangkan model yang dibuat dan disiapkan guru bermacam-macam tergantung ke aktivitas dan kreativitas guru. Model buatan guru dapat dibuat atau dimanipulasikan dari kertas, bambu, paper klip, penyepit jemuran, tangan dan sebagainya. Khusus untuk model tangan akan dibahas untuk memanipulasikan konsep-konsep biologi, khususnya otot rangka pada makalah ini.

Postiglione (1986) mendukung pendapat bahwa alat bantu visual merupakan bagian integral dari proses instruksional. Postiglione mengemukakan alat visual yang dipakai tidak perlu mahal harganya, dalam prakteknya tangan kita dapat dijadikan model untuk memanipulasikan suatu benda yang berhubungan dengan konsep biologi. Postiglione menunjukkan beberapa konsep yang dapat dimanipulasi dengan tangan, seperti model protein, gerakan otot rangka, dan sebagainya. Penggunaan model dengan menggunakan kedua belah tangan ini disampaikan juga oleh Ward (1988), yang mengusulkan penggunaan tangan untuk memanipulasi proses mitosis, oleh Bierman (1989), yang mengemukakan proses membuka/menutup stomata dan gerakan otot rangka, dan oleh Mickle (1990), yang mengusulkan model untuk proses mitosis dan miosis.

Baik Ward, Bierman, maupun Mickle sama-sama menyadari bahwa model tangan yang diusulkan bukanlah model yang paling sempurna yang

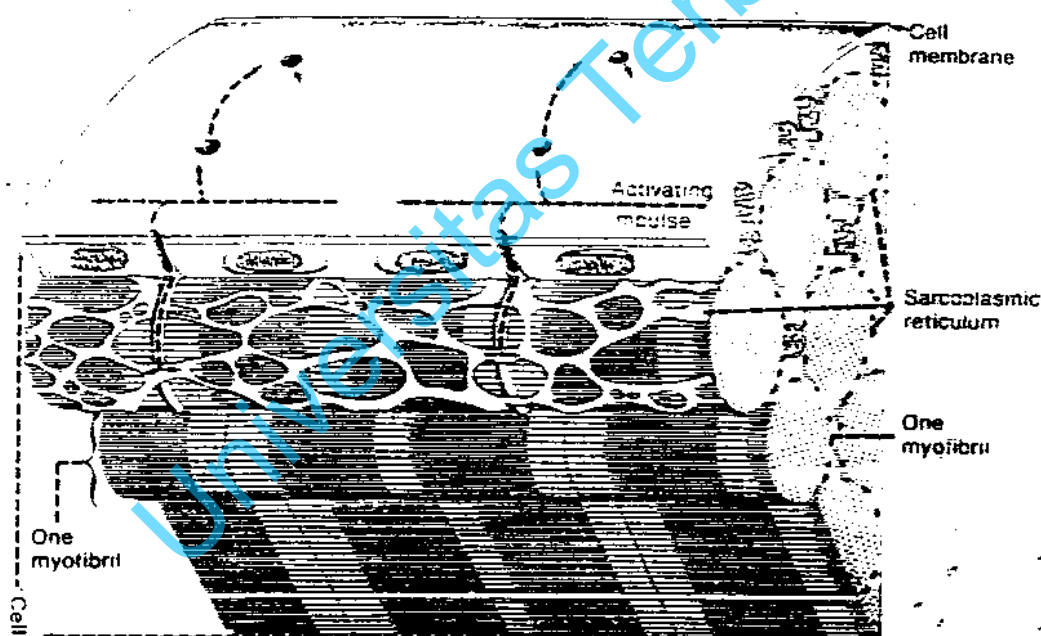
tidak punya kelemahan. Kelemahan yang paling menonjol, salah satunya adalah tidak dapat menggambarkan bagian-bagian yang kecil yang dimanipulasinya. Akan tetapi, keuntungan yang diharapkan dari model adalah setidaknya, dapat membantu mengkonkretkan/ mempragakan konsep/proses biologis yang disampaikan, membantu siswa untuk lebih mengerti, melibatkan siswa secara fisik dalam hal memanipulasi konsep/proses, menjadi jembatan antara yang dijelaskan secara lisan atau tertulis dengan proses yang sebenarnya, dan sebagainya.

Dalam makalah ini pembahasan akan difokuskan pada alternatif sederhana untuk otot rangka dan proses gerakan otot beserta diskusi singkat. Pembahasan otot rangka akan berkisar antara struktur mikroskopis otot rangka, mekanisme molekuler kontraksi otot dan interaksi filamen aktin dan miosin. Sedangkan pembahasan visualisasi otot rangka meliputi penggunaan visual dalam pengajaran, model sebagai alat visualisasi. Model tangan untuk proses kontraksi otot, dan model miofibril benang wool. Makalah ini terutama ditujukan untuk para guru biologi di tingkat SMA. Dalam hal pembahasan otot rangka pada makalah ini memang lebih dalam dan luas pembahasannya, tetapi hal itu tidak berarti semuanya harus disampaikan kepada siswa. Materi dalam makalah ini sebagai pengetahuan tambahan bagi para guru SMA.

II. OTOT RANGKA

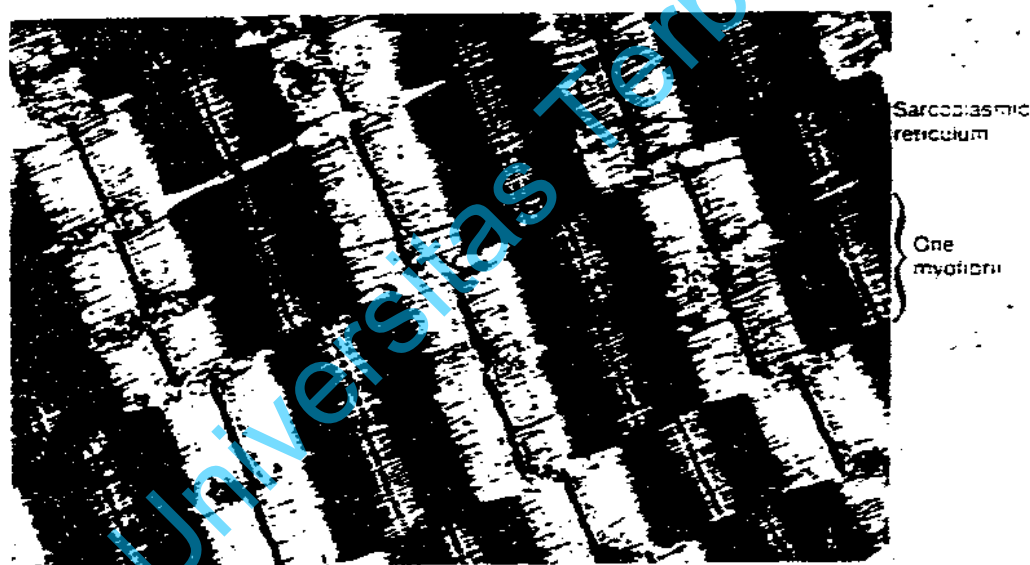
A. Struktur Mikroskopis otot Rangka

Semua otot rangka dalam tubuh dibangun oleh sejumlah serabut otot. Tiap-tiap serabut otot mengandung beratus-ratus atau bahkan beribu-ribu miofibril. Susunan miofibril (secara diagramatis) pada suatu serabut otot dapat dilihat pada Gambar 1.

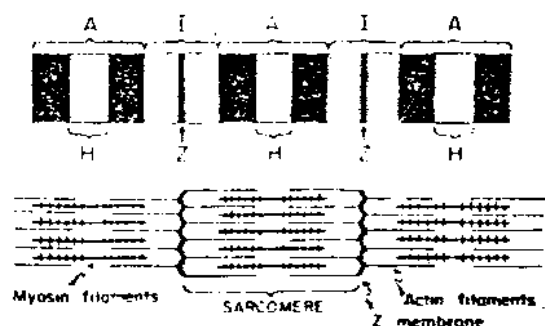


Gambar 1. Susunan Miofibril pada Serabut Otot
(Sumber: Mader, 1976)

Miofibril dapat dipisah-pisahkan ke dalam filamen-filamen yang terdiri atas protein kontraktile miosin (filamen kasar) dan aktin (filamen halus). Tiap-tiap miofibril terletak berdampingan, filamen miosin dan filamen aktin, merupakan molekul protein besar yang berperan dalam kontraksi otot. Pada Gambar 2 disajikan potongan memanjang pada mikrograf elektron seperti yang tercantum pada buku karangan Smith & Rootk (1985). Selanjutnya secara diagramatis, filamen-filamen tersebut akan terlihat seperti yang digambarkan Dharma & Lukman (1989) yang tersaji pada Gambar 3.



Gambar 2. Potongan Memanjang Mikrograf Elektron Susunan Filamen Miosin dan Aktin
(Sumber: Smith & Rootk, 1985)



Gambar 3. Diagramatis Filamen Aktin dan Miosinn
(Sumber: Dharma & Lukmanto, 1989)

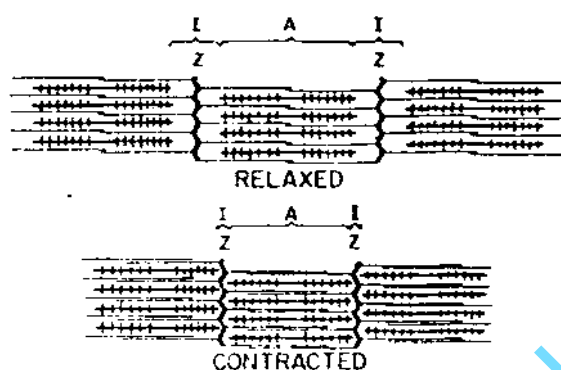
Garis-garis yang melintang yang khas pada otot rangka disebabkan oleh adanya perbedaan indeks bias dari bagian-bagian serabut otot karena susunan filamen aktin dan miosin dalam miofibril. Filamen yang tampak tebal adalah miosin sedangkan yang tampak tipis adalah aktin. Kedua filamen ini akan bertautan, secara parsial, menyebabkan miofibril ini secara bergantian mempunyai pita terang dan gelap. Bagian pita terang pada miofibril yang mengandung filamen aktin, mempunyai sifat isotrop terhadap cahaya polimerisasi. Bagian tersebut dinamakan jalur I. Jalur I yang terang dibagi oleh garis gelap Z, dimana aktin melekat pada membran Z. Daerah

antara 2 garis Z yang berdekatan disebut sarkomer. Bagian pita gelap yang mengandung filamen miosin serta ujung-ujung filamen aktin (ujung filamen tumpang tindih dengan miosin, dinamakan jalur A) Sifat dari bagian ini anisotrop terhadap cahaya yang dipolarisasikan. Pada bagian pinggir-pinggir filamen miosin terdapat penonjolan, dan bagian ini dinamakan jembatan penyebrangan. Penonjolan akan ditemukan pada permukaan sepanjang filamen miosin kecuali bagian tengahnya. Apabila ada interaksi antara jembatan penyebrangan dengan filamen aktin maka akan terjadilah kontraksi.

Jalur A yang gelap mempunyai jalur H yang terang pada bagian tengahnya. Pita (jalur) H yang lebih terang di tengah jalur A adalah daerah dimana pada saat otot relaksasi.

B. Mekanisme Molekuler Kontraksi Otot

Mekanisme yang terjadi pada kontraksi otot adalah mekanisme sliding filamen. Mekanisme ini apabila diluluskan akan seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pada keadaan relaksasi, ujung-ujung filamen aktin yang berasal dari dua membran Z yang berurutan satu sama lain hampir tidak mengalami overlap, sedangkan pada saat yang sama filamen miosin mengadakan overlap sempurna. Sebaliknya pada saat kontraksi, filamen-filamen aktin ini tertarik ke dalam di antara filamen miosin sehingga satu sama lain mengalami overlap yang luas. Membran Z yang tertarik oleh filamen aktin sampai ke ujung-ujung filamen miosin. Filamen aktin dapat ditarik bersama-sama dengan kuatnya sehingga ujung-ujung filamen miosin sebenarnya waktu kontraksi melengkung sangat kuat.



Gambar 4. Sliding Filamen Aktin ke Dalam Saluran Antara Filamen Miosin

Faktor yang dapat menyebabkan filamen aktin bergeser ke dalam di antara filamen miosin, sampai saat ini belum diketahui secara sempurna. Hal yang dapat menjelaskan peristiwa tersebut adalah adanya gaya tarik yang terdapat antara filamen aktin dan miosin. Gaya tarik ini diakibatkan karena adanya gaya mekanik atau elektrostatis yang ditimbulkan oleh interaksi jembatan penyebrangan filamen miosin dan aktin.

Dalam keadaan relaksasi, daya tarik antara filamen aktin dan miosin dihambat, tetapi bila potensial aksi berjalan pada membran serabut otot, potensial aksi ini menyebabkan dikeluarkan ion kalsium dalam jumlah besar ke dalam sarkoplasma sekitar miofibril. Ion-ion kalsium mengaktifkan daya tarik antara filamen-filamen dan mulai terjadi kontraksi. Untuk berlangsungnya kontraksi otot diperlukan adanya energi. Energi ini berasal dari ikatan fosfat berenergi tinggi adenosin triposfat (ATP), yang dipecahkan menjadi adenosin difosfat (ADP) untuk memberikan energi yang dibutuhkan.

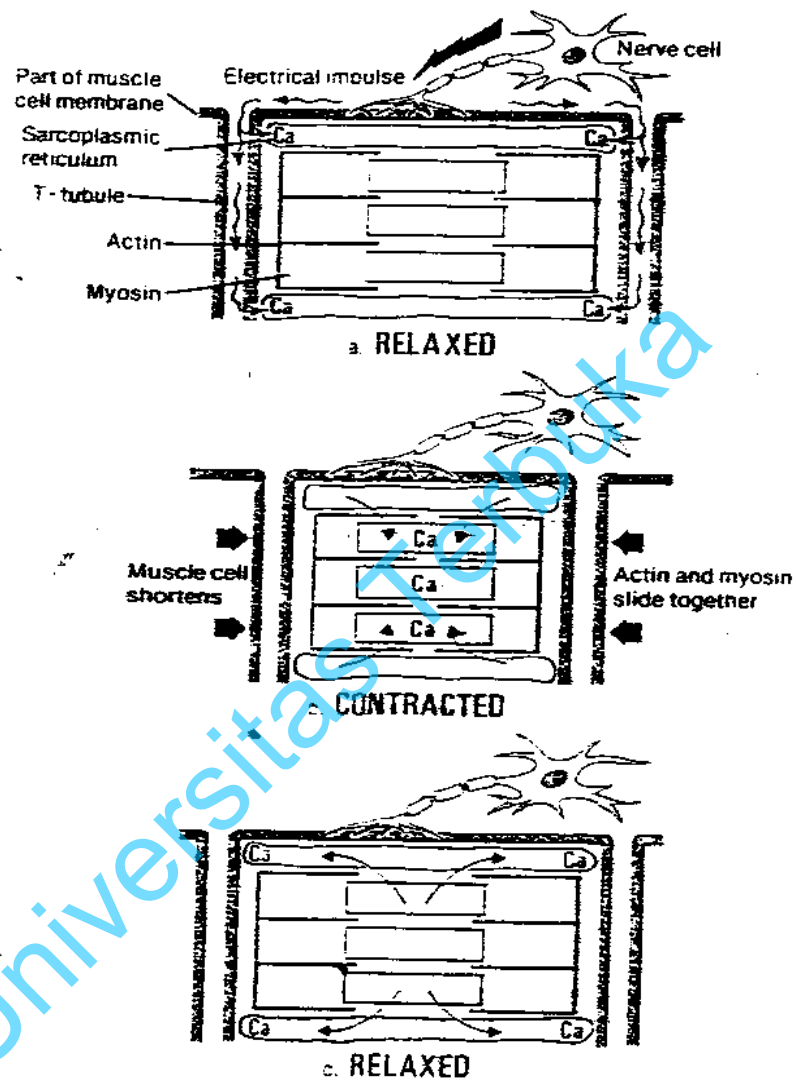
C. Interaksi Filamen Aktin dan Miosin

Filamen aktin murni (tanpa adanya kompleks troponin-tropomiosin) dengan adanya ion magnesium dan ATP berikatan erat dengan molekul miosin. Kedua zat tersebut ada di dalam miofibril. Tetapi apabila kompleks troponin-tropomiosin ditambahkan kepada filamen aktin, ikatan ini tidak terjadi. Oleh karena itu, dianggap bahwa *activi site* normal pada filamen aktin normal dari otot yang relaksasi dihambat atau secara fisik diubah oleh kompleks troponin-tropomiosin. Akibatnya ion magnesium dan ATP tidak dapat mengadakan interaksi dengan filamen miosin untuk terjadinya suatu kontraksi (Dharma & Lukmanto, 1989).

Selanjutnya Dharma dan Lukmanto menyatakan bahwa adanya ion kalsium dalam jumlah besar akan menghambat efek penghambatan troponin-tropomiosin terhadap filamen aktin. Menurut dugaan, mekanisme yang terjadi adalah seperti berikut ini. Apabila ion kalsium berikatan dengan troponin, yang mempunyai afinitas yang besar untuk ion kalsium, walaupun ion kalsium terdapat dalam jumlah sedikit, molekul troponin menurut dugaan mengalami perubahan konformasi yang dalam beberapa hal tertarik pada utas protein tropomiosin. Selanjutnya utas protein tropomiosin tergerakkan

lebih ke dalam ke celah antara dua utas aktin, dan karenanya tidak menutupi aktive aktin, sehingga kemungkinan kontraksi dapat terjadi.

Setelah filamen aktin di aktifkan oleh ion kalsium, diduga kepala jembatan penyebrang dari filamen miosin dengan segera terikat pada active site filamen aktin, dan hal ini menyebabkan terjadinya kontraksi. Dugaan yang menjelaskan mekanisme yang menyebabkan kontraksi disebut kontraksi roda pasak. Dikemukakan bahwa apabila kepala melekat pada active site, perlekatan ini mengubah daya ikat antara kepala dan lengannya, jadi menyebabkan kepala miring ke arah pertengahan filamen miosin, dan menarik filamen aktin bersama dengannya. Miringnya kepala jembatan penyebrangan ini dinamakan *power stroke*. Kemudian, segera setelah miring, kepala secara otomatis dilepaskan dari active site dan kembali ke arah tegak lurus nya yang normal. Pada posisi ini, kepala selanjutnya berikatan dengan active site berikutnya sepanjang filamen aktin, kemudian gerak miring yang sama berlangsung lagi untuk membangkitkan *power stroke* yang baru, dan filamen aktin bergerak lebih lanjut. Jadi kepala jembatan penyebrang membengkok bolak balik dan langkah demi langkah menarik filamen aktin ke arah pusat filamen miosin. Jadi, pergerakan jembatan penyebrang menggunakan active site filamen aktin sebagai penggerak roda pasak. Skema terjadinya aktivasi sel otot rangka dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Aktivasi Sel Otot Rangka
(Sumber: Smith & Roohk, 1985)

Ada beberapa cara yang diduga merupakan suatu rangkaian terjadinya kontraksi, yaitu:

1. Bila efek penghambatan kompleks troponin-tropomiosin dengan sendirinya telah dihambat oleh ion kalsium, kepala jembatan penyebrang yang berada dalam posisi tidak miring berikatan dengan permukaan filamen aktin yang tidak ditutupi.
2. Diduga bahwa ikatan antara kepala jembatan penyebrang dan active site filamen aktin menyebabkan perubahan konformasi pada kepala, jadi menyebabkan kepala miring menyediakan power stroke untuk menarik filamen aktin. Power stroke ini diduga berasal dari energi yang telah tersedia pada molekul meromiosin berat dan tidak berasal dari energi ATP.
3. Waktu kepala jembatan penyebrang miring, perubahan konformasi pada kepala membuka permukaan reaktif pada kepala dimana ATP dapat terikat. Oleh karena itu, satu molekul ATP berikatan dengan kepala, dan ikatan ini selanjutnya menyebabkan pelepasan kepala dari active site.
4. Waktu kepala berikatan dengan ATP yang dipisahkan dari active site, ATP sendiri dipecahkan oleh aktivitas ATPase. Energi yang dilepaskan menurut dugaan memiringkan kepala kembali ke posisi tegak lurus normal dan secara teoretis mengokang kepala dalam posisi ini.
5. Apabila kepala yang terkokang dengan energinya yang disimpan yang berasal dari pemecahan ATP berikatan dengan active site baru pada filamen aktin, kepala menjadi tak terkokang dan sekali lagi menyediakan power stroke.

6. Jadi, proses berlangsung terus menerus sampai filamen aktin menarik membran Z sampai ujung-ujung filamen miosin atau sampai beban pada otot terlalu besar bagi terjadinya tarikan lebih lanjut.

Selanjutnya menurut kutipan Widjajakusuma dan Sikar (1986) rangkaian peristiwa yang terjadi pada saat otot rangka berkontraksi:

1. pelepasan muatan dari neuron motorik;
2. pelepasan transmitter (asetilkolin) pada *motor end-plate*;
3. pembangkitan potensial *motor end-plate*;
4. pembangkitan potensial aksi pada serabut-serabut otot;
5. penyebaran depolarisasi sepanjang tubule-T;
6. pembebasan Ca^{2+} dari cisternal retikulum sarkoplasma dan ifu Ca^{2+} ke filamen miosin dan aktin;
7. pengikatan Ca^{2+} pada troponin C, pembebasan daerah pengikatan miosin pada aktin;
8. pembentukan ikatan melintang antara aktin dan miosin, serta pergeseran filamen aktin dan filamen miosin menyebabkan pemendekan (kontraksi).

Adapun rangkaian peristiwa yang terjadi pada saat otot rangka berelaksasi meliputi:

1. Ca^{2+} dipompa kembali masuk ke dalam retikulum sarkoplasma
2. pembebasan Ca^{2+} dari troponin
3. penghentian interaksi antara aktin dan miosin

Perlu diketahui bahwa baik pada peristiwa kontraksi maupun relaksasi memerlukan ATP. Peran ATP ini tampak dalam hal penyediaan energi untuk transpor aktif Ca^{2+} memasuki retikulum sarkoplasma kembali.

Universitas Terbuka

III. MEMVISUALKAN TOPIK/KONSEP OTOT RANGKA

A. Penggunaan Visual Dalam Pengajaran

Menurut Heinich dkk (1989), kebanyakan orang bersifat *visually oriented*. Orang akan belajar hanya sekitar 10 % saja melalui apa yang didengar, tetapi orang belajar lebih dari 80 % dari apa yang dilihat. Hal penting yang perlu diketahui, ternyata orang hanya ingat sekitar 20 % saja dari apa yang telah didengarnya, namun akan ingat lebih dari 50 % dari apa yang telah didengar dan dilihat. Memperhatikan fakta tersebut tampaknya akan lebih baik dan berhasil apabila di dalam mengajarkan bidang studi tertentu tidak hanya mengandalkan kepada penyampaian informasi yang bersifat verbal dan satu arah saja. Suatu bentuk penyampaian informasi yang disertai dengan alat-alat bantu visual, baik yang sederhana maupun yang canggih, ditambah lagi dengan metode diskusi tentu akan lebih menunjang untuk berhasilnya penyampaian informasi yang dilaksanakan. Dengan menggunakan alat bantu untuk memvisualkan informasi yang disampaikan diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan persentase hal yang dapat diingat oleh pendengar (dalam hal ini siswa).

Berbagai visual dapat digunakan untuk membantu atau mempermudah penyampaian informasi. Adapun macam visual ini dapat dibedakan menjadi dua golongan besar, yaitu *nonprojected visual* dan *projected visual*. Yang termasuk ke dalam *non projected visual* meliputi realia, models, tempat untuk studi lapangan, foto, grafik, gambar, charta dan lain-lain. Sedangkan yang termasuk ke dalam *projected visual* adalah overhead projection, slide, flim strip, opaque projection, dan sebagainya. Di dalam pengajaran, kita

dapat saja memilih nonprojected ataupun projected visual, asal sesuai dengan keperluan, waktu penyediaan visual tersebut tidak terlalu mahal, dan biaya untuk penyediaan visual mencukupi (memadai). Secara singkat pemilihan tergantung tujuan, kondisi dan situasi kita, yang amat penting tentulah, visual tersebut membantu memudahkan tugas kita sebagai penyampai informasi dan mempermudah siswa dalam memahami informasi (konsep) yang disampaikan dalam pengajaran.

Fungsi utama visual sebagai suatu alat komunikasi adalah menyediakan suatu acuan yang lebih konkret daripada sekedar penjelasan yang berupa kata-kata yang diucapkan atau yang dituliskan. Seperti yang dijelaskan oleh Heinch dan kawan-kawan (1989) bahwa kata-kata adalah simbol yang tidak tertentu bentuknya. Kita akan melihat bahwa kata-kata biasanya tidak akan terlihat atau berbunyi seperti bentuk benda yang disimbolkannya. Tetapi visual akan terlihat lebih nyata (konkret). Secara normal, pada umumnya, visual akan melambangkan bentuk benda yang disimbolkan atau dimanipulasikannya. Sebagai contoh, visual akan menggambarkan petunjuk konkret yang mengacu kepada arti atau gambar yang sebenarnya atau mendekati yang sebenarnya. Berdasarkan suatu prinsip umum dari komunikasi manusia ada suatu kecenderungan bahwa peluang kesuksesan komunikasi akan meningkat apabila ada suatu acuan penjelasan yang konkret yang digunakan dalam proses komunikasi tersebut. Lebih jauh dijelaskan bahwa pada saat benda yang menjadi topik penjelasan atau diskusi tidak dapat ditunjukkan maka acuan penjelasan untuk benda yang dimaksud yang baik-baik dan paling mendukung adalah menunjukkan visualnya. Jadi bagaimanapun benda asli yang menjadi topik pembicaraan tetaplah merupakan bahan acuan penjelasan yang paling sempurna. Tetapi tentu saja tidak setiap benda menjadi topik penjelasan atau diskusi mudah dibawa, dilihat dengan mata telanjang (tanpa alat), atau benda yang

bergerak. Dalam keadaan tidak mungkin menghadirkan benda asli, maka visual tentulah alat terbaik, daripada hanya menguraikan karakteristik benda tersebut melalui kata-kata atau melalui tulisan.

Sudah barang tentu kita harus tetap ingat bahwa bagaimanapun juga perbedaan mendasar di antara visual-visual yang dapat digunakan. Hal ini perlulah diperhatikan untuk bekal yang baik di dalam memilih visual yang dianggap paling cocok untuk digunakan. Perbedaan tersebut berupa tingkat visual itu dalam menyerupai benda aslinya. Tentu saja tidak ada bentuk media yang 100 %, benar-benar, menyerupai benda aslinya, atau yang benar-benar realistik. Melalui penggambaran pada visual akan ada saja aspek-aspek dari benda (atau kejadian) yang sebenarnya yang tidak dapat tergambarkan jelas secara *pictoral*, meskipun visual tersebut telah diciptakan sedemikian rinci atau dikerjakan dengan teliti serta menggunakan berbagai teknik. Jelasnya visual yang dibuat dalam bentuk gambar yang dapat bergerak, berwarna serta berbentuk tiga dimensi tetap saja tidak akan dapat melukiskan benda (atau kejadian) yang divisualkannya secara *pictoral*. Adalah normal apabila ada hal atau aspek tertentu yang hilang dalam visual ini. Melihat uraian di atas, kita mungkin akan menarik suatu kesimpulan bahwa komunikasi efektif akan selalu menunjukkan hasil yang terbaik dengan adanya bantuan, yaitu penggunaan visual yang paling realistik. Tetapi kembali Henich dan kawan-kawan (1989) mengemukakan bahwa hal tersebut tidaklah perlu demikian. Hal ini sesuai dengan apa yang diungkapkan Dwyer dalam Heinck dan kawan-kawan, *the arbitrary addition of stimuli in visuals makes it difficult for learners to identify the essential learning cues from among the more realistic background stimuli*.

B. Model Sebagai Visual yang Dapat Digunakan

Dari berbagai visual yang ada, model merupakan salah satu bentuk yang mungkin dapat digunakan. Beberapa alasan mengapa model di pilih adalah model tertentu dapat disediakan dalam waktu yang tidak terlalu lama, mempunyai harga yang relatif murah, dan yang paling utama adalah bentuknya tiga dimensi sehingga diharapkan dapat membantu untuk mengkonkretkan informasi yang sedang disampaikan.

Model adalah representasi atau gambaran tiga dimensi dari benda yang sesungguhnya. Sebuah model dapat mempunyai ukuran yang lebih besar, lebih kecil, atau sama dengan benda asli yang digambarkannya atau dimanipulasikannya. Penggambaran benda asli oleh model ini dapat secara lengkap rinciannya atau dapat pula disederhanakan untuk suatu tujuan instruksional tertentu. Sebenarnya suatu model dapat memberikan/ menyediakan pengalaman belajar yang oleh benda asli tidak dapat ditunjukkan. Suatu rincian yang penting misalnya pada model dapat diberi warna, bahkan seberapa model dapat dibongkar pasang dan terpecah-pecah dengan tujuan penggambaran interior yang sebenarnya tidak mungkin tergambarkan dengan jelas oleh benda asli.

Di dalam menggunakan model ada beberapa hal yang sepatutnya mendapat perhatian agar model tersebut benar-benar dapat berfungsi dan berguna sesuai dengan yang diharapkan. Pertama, sebaiknya kita mengenal dengan baik model yang akan digunakan, oleh karena itu harus membiasakan diri memakai model tersebut sebelum digunakan di dalam kelas. Hendaknya dalam latihan presentasi disertai dengan penggunaan model. Apabila model yang dipakai berupa suatu kegiatan maka bagian prinsip prosedur kegiatan tentu harus dikuasai dengan sebaik-baiknya.

Selain hal yang telah disebut di atas, perlu juga mengkaji ulang model dengan seksama dalam usaha agar siswa tidak menangkap informasi yang salah tentang benda asli yang dimanipulasikan oleh model; yang berkaitan dengan warna, bentuk, ukuran, detail dan sebagainya. Selanjutnya dalam pelaksanaan praktik/ pemakaian model, mungkin ada baiknya apabila berusaha untuk mendorong para siswa untuk menggunakan dan memanipulasi model sendiri.

C. Usulan Model Sederhana Dalam Mengajarkan Otot Rangka

Berdasarkan pengalaman dan dari materi yang pernah di baca ada suatu model sederhana yang mungkin dapat dipakai sebagai alat bantu visual di dalam pengajaran otot rangka. Model yang diusulkan pada makalah ini termasuk model yang murah harganya, gampang menyediakannya, dan tidak memerlukan waktu yang lama dalam pembuatannya. Adapun model yang dimaksud akan diuraikan berikut ini.

1. Model Miofibril Benang Wool

Model miofibril yang diajukan pada makalah ini merupakan suatu model yang benar-benar sederhana. Model ini didapatkan dari hasil pengalaman belajar di SMP. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk menyediakan model ini dapat diperoleh dengan sangat mudah di mana saja. Oleh karena itu tentu akan lebih baik apabila pada saat pembuatannya, para siswa dilibatkan pula. Adapun bahan dan cara membuat model tersebut akan dibahas berikut ini.

Dalam hal pembuatan dan bahan yang dibutuhkan, model ini sangat sederhana. Adapun alat dan bahan yang disediakan berupa benang wool (warna merah), kertas bungkus buku (berwarna coklat), gunting, penggaris

dan lem. Mula-mula benang wool digunting kecil-kecil dengan ukuran 5 cm. Kertas coklatpun dipotong kecil-kecil dengan ukuran 5 x 5 cm sebanyak 10 buah. Kumpulkan potongan benang wool sejumlah 20 buah kemudian bungkuslah dengan kertas coklat yang berukuran 5 x 5 cm, terakhir lemlah kertas tersebut. Ulangi pekerjaan yang sama untuk sisa benang dan kertasnya. Usahakan gulungan kertas berisi benang wool tersebut semuanya mempunyai ukuran gulungan yang sama. Apabila pekerjaan tersebut telah selesai akan diperoleh 10 buah gulungan. Selanjutnya buatlah 1 buah potongan kertas coklat berukuran 5 x 15 cm. Susunlah ke sepuluh gulungan kertas diatas kertas coklat berukuran 5 x 20 cm, lalu gulung kembali, sehingga gulungan yang besar ini berisi 10 gulungan kecil. Pada Gambar 6 disajikan bahan dan bentuk gulungan sebagai model untuk memvisualkan serabut otot.

Pada model ini, satu helai benang wool berfungsi sebagai satu myofibril (fibril), sebuah gulungan kecil yang berisikan benang wool menggambarkan satu serabut otot, sedangkan gulungan besar yang berisikan gulungan-gulungan kecil menggambarkan sejumlah serabut-serabut otot. Model ini merupakan alat bantu untuk mewujudkan usaha dalam rangka memvisualkan otot rangka. Seperti kita ketahui sesuai dengan yang dikemukakan Wijayakusuma & Sikar (1986), otot rangka terdiri atas sejumlah besar serabut-serabut otot yang tersusun sejajar, dan serabut otot merupakan satu sel tunggal.

Model benang wool (dalam gulungan kertas) ini memiliki suatu kelemahan, yaitu tidak mampu menggambarkan secara rinci dan tepat 100 % serabut otot yang sebenarnya.

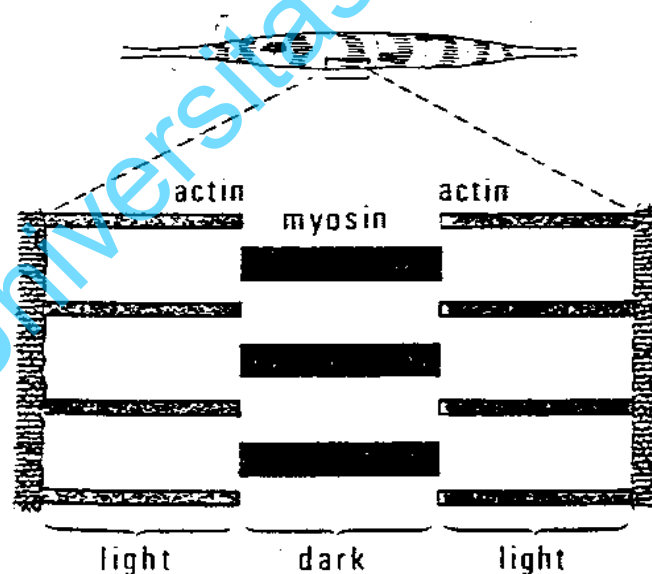
Namun demikian, ada suatu harapan bahwa model ini mampu menjadi jembatan antara apa yang dijelaskan secara lisan atau tertulis dengan bentuk yang sebenarnya. Suatu kelemahan yang dapat diutarakan dalam makalah ini, benang wool yang berperan sebagai filamen tidak mampu menggambarkan secara rinci, manakah filamen aktin dan manapula filamen miosin. Jadi penggambaran filamen di sini hanya secara kasar saja. Hal lain yang perlu disampaikan, berdasarkan pengalaman penulis, pengalaman belajar ini didapatkan pada saat duduk di SMP, jadi bagi para guru SMA mungkin model ini hanya dapat ditunjukkan pada saat pengenalan awal waktu membicarakan otot rangka. Alangkah baiknya apabila dipikirkan dan dikembangkan model yang lebih lanjut dan kompleks sebagai model miofibril otot rangka yang cocok untuk siswa SMA.

2. Model Tangan Untuk Menggambarkan Kontraksi Otot

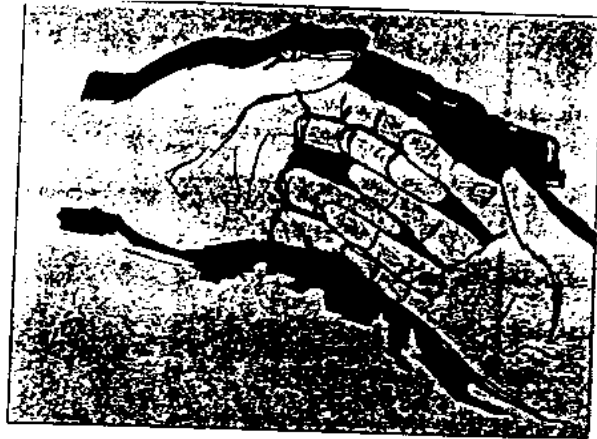
Penggunaan model tangan untuk memvisualkan berbagai konsep dan proses biologis telah diusulkan oleh beberapa orang. Model tangan ini memang sungguh praktis, murah dan mudah pemakaiannya. Di samping itu, pada saat memanipulasikan konsep/proses biologis, seorang guru dapat melibatkan para siswa untuk turut aktif menirukan setiap gerakan/langkah yang diperagakan.

Penggunaan tangan sebagai alat bantu dalam mengilustrasikan konsep/proses biologis dikemukakan oleh, antara lain, Postiglione (1982), Ward (1988), Bierman (1989), dan Mickle (1990). Postiglione dan Bierman membahas tentang bagaimana menjelaskan kontraksi otot dengan menggunakan alat bantu, kedua belah tangan untuk memvisualkan proses kontraksinya.

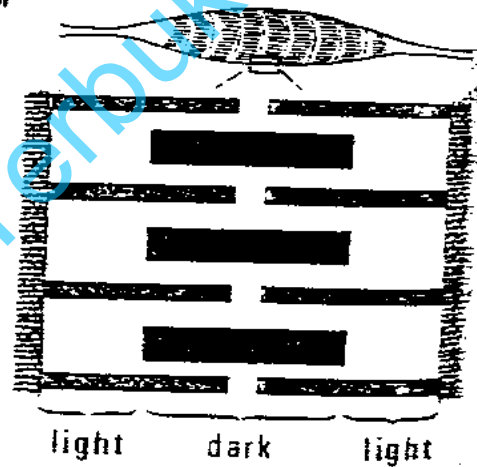
Seperti diakui Bierman bahwa kontraksi otot merupakan salah satu proses biologis yang sulit digambarkan. Alat bantu tangan, sebagai model memang bukan merupakan alat peraga yang seratus persen (benar-benar) dapat menggambarkan proses tersebut. Tetapi paling tidak, melalui bantuan kedua belah tangan diharapkan proses kontraksi otot rangka dapat lebih jelas dimengerti oleh para siswa. Berdasarkan uraian yang disampaikan oleh Bierman, di dalam model ini, jari-jari kita menggambarkan filamen-filamen yang ada pada miofibril, yaitu aktin dan miosin. Untuk menggambarkan keadaan otot pada saat relaksasi, jari-jari dari kedua belah tangan dapat diposisikan, seperti apa yang terlihat pada Gambar 7, sedangkan untuk menggambarkan keadaan otot pada waktu kontraksi jari-jari kedua belah tangan dapat digerakkan untuk saling mendekat seperti yang dilukiskan pada Gambar 8. Untuk membandingkan keadaan relaksasi dengan apa yang dilukiskan secara digramatis dapat dilihat Gambar 9 dan untuk keadaan kontraksi dapat dilihat Gambar 10.



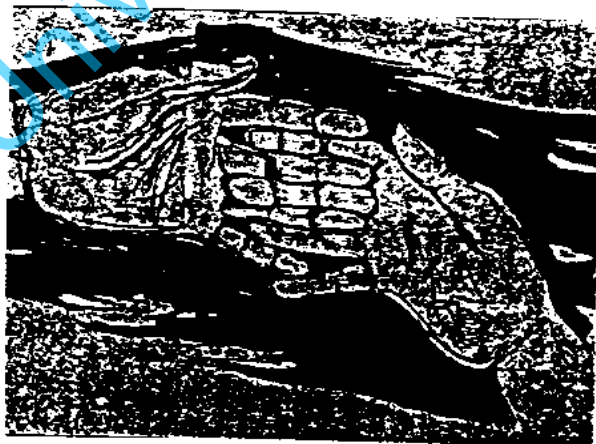
Gambar 7. Posisi Aktin dan Miosin (diagramatis) Dalam Keadaan Relaksasi



Gambar 8. Model Tangan Untuk Relaksasi

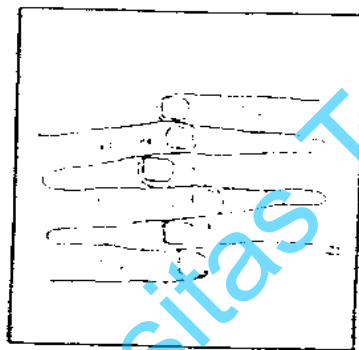


Gambar 9. Posisi Aktin dan Miosin (Diagramatis) Dalam Keadaan Kontraksi



Gambar 10. Model Tangan untuk Kontraksi

Manipulasi proses kontraksi otot rangka yang divisualkan oleh Postiglione serupa dengan model/manipulasi proses kontraksi otot yang telah disampaikan Bierman. Di dalam penjelasan, Postiglione mengemukakan bahwa tiga jari dari tangan kiri berperan sebagai filamen aktin, sedangkan ketiga jari dari tangan kanan berlaku sebagai filamen miosin. Postiglione memposisikan kedua belah tangan (di dalam memodelkan/memanipulasikan kontraksi otot) seperti yang tampak pada Gambar 11.



Gambar 11. Model Postiglione Untuk Memanipulasikan Kontraksi Otot

Bierman mengemukakan bahwa selama otot berkonstraksi maka miofilamen-miofilamen akan melakukan "sliding". jari-jari tangan kita dapat digunakan untuk menggambarkan miofilamen-miofilamen serabut otot (aktin dan miosin). Akan tetapi bagaimanapun juga, model tangan itu tidak dapat melukiskan proses yang sebenarnya secara seratus persen. Sebagaimana kita ketahui, mikrofilamen yang terdapat pada sel otot terdiri

atas miofilamen aktin dan miosin. Kontraksi dari miofilamen ini terjadi pada saat kepala dari filamen miosin berubah bentuk, menyebabkan proses sliding dari miosin terjadi (melewati serabut aktin). Kepala *globular* dari filamen miosin membentuk jembatan penyebrangan, melengkungkan dan menarik filamen aktin sehingga terjadilah sliding miosin terhadap aktin. Pada model tangan kondisi-kondisi yang disebutkan tidak dapat terinci walaupun secara garis besar tergambarkan. Misalnya tidak dapat digambarkan bentuk dari kepala filamen miosin atau tidak dapat merinci proses bertahap bagaimana aktin dilengkungkan dan ditarik, akan tetapi proses sliding miosin terhadap aktin jelas dapat divisualkan. Hal yang lain yang tidak dapat tergambarkan dalam model ini adalah kehadiran sarkomere pada otot rangka. Oleh sebab ini penggunaan model ini perlu disertai dengan penjelasan yang rinci dan teliti serta perlu pula adanya gambar-gambar atau charta-charta sehingga informasi yang penting tidak akan ketinggalan atau hilang hanya karena terbatasnya model ini. Keterbatasan model ini berkali-kali ditegaskan Bierman yang mengakui bahwa model tangan bukan merupakan model yang sempurna dan tanpa cela. Model ini bukan merupakan alat yang secara menyeluruh dan rinci merupakan duplikat dari proses yang sebenarnya. Tetapi jelas tersurat harapan Bierman, yaitu model yang dimaksud dapat merupakan suatu jembatan antara materi/konsep/proses yang sedang dijelaskan dalam bentuk lisan atau tulisan dengan proses dinamis yang sebenarnya terjadi.

Demikian suatu model sederhana yang diusulkan Postiglione dan Bierman dalam rangka memanipulasi proses kontraksi otot rangka. Model ini merupakan model praktis, mudah menyiapannya, murah harganya, dapat ditemukan di daerah mana saja, dan siswa dapat berperan aktif pada saat memanipulasikan proses yang dimaksud. Model ini bukanlah satu-satunya model dan bukan pula model yang sempurna. Dengan demikian setelah

ada usulan model sederhana ini diharapkan dapat merupakan suatu pemicu untuk dipikirkan dan dikembangkan model-model lain yang lebih baik tetapi berasal dari bahan yang mudah didapat , murah harganya, mudah membuatnya, dan praktis penggunaannya.

Universitas Terbuka

IV. Kesimpulan dan Rekomendasi

A. Kesimpulan

Otot rangka terdiri atas sejumlah serabut otot, yang merupakan satu sel tunggal, berinti banyak, berbentuk panjang dan silindris. Serabut otot terdiri atas miofibril, yang dapat dipisah-pisahkan ke dalam filamen-filamen. Filamen-filamen terdiri atas protein kontraktile yaitu yaitu miosin (filamen kasar) dan aktin (filamen halus). Filamen aktin dan miosin merupakan molekul yang berperan dalam kontraksi otot.

Mekanisme yang terjadi pada kontraksi otot adalah mekanisme sliding filamen. Pada waktu relaksasi, ujung-ujung filamen aktin yang berasal dari dua membran Z yang berurutan satu sama lain hampir tidak mengalami overlap, pada saat yang bersamaan filamen miosin mengadakan overlap sempurna. Pada waktu kontraksi filamen-filamen aktin tertarik ke dalam di antara filamen miosin sehingga satu sama lain mengalami overlap yang luas.

Miofibril dan proses kontraksi otot merupakan materi biologis yang tidak mudah digambarkan/dibayangkan hanya dengan menyimak informasi lisan atau tulisan sekalipun. Oleh sebab itulah model, sesederhana apapun, untuk memvisualkannya sangat diperlukan sebagai alat bantu untuk mengkonkretkan informasi lisan atau tulisan.

Model miofibril benang wool dan model kontraksi otot dengan menggunakan kedua belah tangan diusulkan pada makalah ini sebagai model alternatif yang diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu pada saat menjelaskan otot rangka. Model-model yang disampaikan merupakan model sederhana yang tidak luput dari kekurangannya. Harapan utama dari

penggunaan model ini adalah model ini dapat dijadikan jembatan antara informasi lisan atau tulisan dengan konsep/proses yang sebenarnya ada/ terjadi. Harapan lain dari disampaikannya makalah ini, yaitu isi makalah ini dapat dijadikan pemicu untuk dipikirkan dikembangkannya model pendukung dan atau model alat bantu pada waktu menjelaskan otot rangka

B. Rekomendasi

Model-model yang diajukan dalam makalah ini merupakan model yang berdasarkan pengalaman bertahun-tahun yang lalu dan model yang berasal dari studi literatur dari jurnal luar negeri. Sampai saat ini belum pernah dilakukan uji coba atau pengujian lain yang menjangkit bagaimana pendapat siswa dan guru terhadap keterpakaian model tersebut. Oleh karena itu melalui makalah ini direkomendasikan hal-hal berikut.

1. Ada baiknya apabila dilakukannya studi bagaimana pendapat guru SMA terhadap model miofibril dan model kontraksi otot.
2. Studi pada poin pertama harus dilengkapi pula oleh bagaimana pendapat siswa terhadap model yang dimaksud dibandingkan dengan hanya penjelasan saja, penjelasan beserta gambar, dan penjelasan, gambar dan disertai model ini.
3. Sebagai tindak lanjut, perlu dipikirkan dan dikembangkan model yang lebih baik dan lebih sempurna agar penjelasan otot rangka akan lebih dimengerti dan dipahami para siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Bierman, C.A. (1989). Visualization as concrete aids to learning. *The American Biology Teacher*, 51 : 234-236.
- Dharma, A. & Lukmarto, P. (1989). *Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC, Penerbit Buku Kedokteran.
- Heinich, R., Molenda, M., & Russel, J.D. (1989). *Instructional media and the new technologies of Instruction*. New York - London: Mac millan Pub.Co Colher Macmillan Pubs.
- Mickle, J.E. (1990). A model for teaching mitosis and miosis. *The American Biology Teacher*, 52 (8) : 501 - 503.
- Postiglione, R.A. (1981). Ten ways to use your hands in teaching biology. *The American Biology Teacher* 43(7) : 392 - 393.
- Smith, L.M. & Roohk, B.L. (1985). *Introducing Biology*. 2 nd Edition. Dubuque, Iowa : Kendal/Hunt Publishing Company.
- Ward, G. (1988). A handy model for mitosis. *The American Biology Teacher* 50 (3) : 170 - 172.
- Widjayakusuma, R. & Sikar, R.H.S. (1986). *Fisiology Hewan*. Jilid 1. (Kumpulan Materi Kuliah). Bogor: Jurusan Fisiology & Farmakology, FKH, IPB.